

A kőzettest értékelése a kőzettest index alapján

DR. VÁSÁRHELYI BALÁZS okl. építőmérnök, poszt-doktorandusz
(BME Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék, Budapest)



A cikk a kőzettest egyirányú nyomószilárdságának meghatározására mutat be egy számítási módszert a Palström által 1995-ben bevezetett kőzettest index – R_{Mi} – alapján, figyelembe véve az azóta tett pontosításokat is. A szerző először az elmélet alapkoncepcióját mutatja be, majd a tényezők értékei meghatározásának lehetőségét, külön foglalkozik a mérhetőséggel, melynek segítségével lehetőség van a laboratóriumi eredmények pontosítására, majd az R_{Mi} használhatóságát, előnyeit és korlátait elemzi.

Bevezetés

Palström 1995-ben vezette be a kőzettest index (Rock Mass index – R_{Mi}) fogalmát, mely segítségével a kőzettest egyirányú nyomószilárdságának meghatározására, és ezáltal annak osztályba sorolására van lehetőség. Bár maga az elmélet nem tartozik a szorosan vett kőzettest-osztályozások közé (mint pl. az RMR vagy Q-módszer), ennek ellenére annak leírására, jellemzésére is jól használható. Főleg bemenő adatként használható jól az eddigi módszerekhez, valamint numerikus módszerek alkalmazásánál homogenizáció céljából.

Palström Hansági (1964, 1986) azon elméletéből indult ki, hogy a kőzettömb (kőzetblokk) szilárdságát a kőzettest tagoltságát (méretét, állapotát) figyelembe véve kell redukálni. A kőzettest index értékét a fentiekből adódóan a következőképpen ajánlja meghatározni:

$$R_{Mi} = J_p \sigma_c$$

ahol:

J_p: A tagoltsági paraméter, mely 4 fő tényezőből tevődik össze: a kőzetblokk térfogata (vagy a tagoltságok sűrűsége), a tagoltság érdessége és mállottsága, valamint a tagoltság méretei. Ez a redukciós tényező reprezentálja a tagoltság hatását a kőzettestre. J_p értéke 0 (törédezett kőzettest) és 1 (ép kőzet) között változik;

σ_c: A kőzettömb (kőzetblokk) egyirányú nyomószilárdsága (MPa-ban),

R_{Mi}: az ún. „kőzettest index”, mely a kőzettest egyirányú szilárdsága (MPa-ban).

A cikk ezen számítási módszert mutatja be Palström (1995, 1996) alapján, figyelembe véve az azóta tett pontosításokat is. Először az elmélet alapkoncepcióját mutatja be, majd a tényezők értékeinek meghatározásának lehetőségét. Külön foglalkozik a mérhetőséggel, mely segítségével lehetőség van a laboratóriumi eredmények pontos átszámolására, majd a végén az R_{Mi} használhatóságát, előnyeit és korlátait elemzi.

Az R_{Mi}-nél használatos paraméterek

Palström (1995) elmélete felállításakor figyelembe vette Hoek et al. (1992) azon véleményét, mely szerint a kőzettest szilárdságát befolyásolja a kőzetblokkok alakja, mérete, valamint a tagoltsági felületük állapota – az

az annak meghatározásához ezen tényezőket kell megmérni és hatásukat megvizsgálni. Ez nem jelenti azt, hogy az ép kőzet anyagának a tulajdonságát figyelmen kívül lehetne hagyni a kőzettest osztályozásánál – sőt, éppen hogy számos esetben az ép kőzet szilárdsága karakterisztikusabban befolyásolja a kőzettestét, mint a tagolófelületek. A kőzet anyaga szintén nagyon fontos abban az esetben, ha a tagoltságok nem folytonosak, ugyanis az jelentős hatással van azok esetleges terjedésére, összekapcsolódására.

A mérnökgeológiai leírások a tervező számára sokszor csak a geológiai, kőzettani adatokat tartalmazzák, ugyanakkor a kőzettest tulajdonságát a legtöbb esetben a tagoltságok minősítik. Ezen gondolatmenetből kiindulva, Palström (1995) számos alagútépítés tapasztalatait elemezve az alábbi bemenő adatokat adja meg az R_{Mi} meghatározásához:

a tagoltságok által körbefogott kőzetblokkok méretei – mint blokk-térfogatot értelmelve (jele: V_b);

a kőzetblokk anyagának szilárdsága – egyirányú nyomószilárdsággal meghatározva (jele: σ_c);

a kőzetblokkok felületének nyírási szilárdsága – a tagoltság felületének érdessége és mállottsága ismeretében megadva (jelük: j_R és j_A, értékük 1. és 3. táblázatok alapján);

a tagoltságok méretei és határai – megadva mint azok hosszúsága és folytonossága (jele: j_L, értékét a 2. táblázat tartalmazza).

1. táblázat: A tagolófelület érdességének (j_R) mérőszáma

Kis léptékben a tagoltsági felület érdessége*	Nagy léptékben a tagoltsági felület hullámossága				
	sík	kissé hullámos	erősen hullámos	lépcsőzetes	összekapcsolódó
nagyon érdes	3	4	6	7,5	9
érdes	2	3	4	5	6
kissé érdes	1,5	2	3	4	4,5
sík	1	1,5	2	2,5	3
sima	0,75	1	1,5	2	2,5
tükrös**	0,6 – 1,5	1 – 2	1,5 – 3	2 – 4	2,5 – 5
szabálytalan tagoltságnál j _R = 5 ajánlott					

*: kitöltött tagoltságnál: j_R = 1; **: tükrös tagoló-felületnél az érték függ a „bordázatok” előfordulásától és kinézetétől. Markáns „barázdák” esetén a nagyobb érték használható.

2. táblázat: A tagoltság hosszának és folytonosságának a mérőszáma, (jL)

Tagoltság hossza, m	Meghatározása	Típusa	jL	
			Folytonos tagoltság	megszakításos tagoltság **
< 0,5	nagyon rövid	rétegzett/leveles	3	6
0,1 – 1,0	rövid/kicsi	tagoltság	2	4
1,0 – 10	közepes	tagoltság	1	2
10 – 30	hosszú/nagy	tagoltság	0,75	1,5
> 30	nagyon hosszú/nagy	kitöltött tagoltság vagy nyírás*	0,5	1

* gyakran egyedülálló és ezekben az esetekben külön kell kezelni;

** a megszakításos tagoltság vége tömör közettestben van

Az Rmi meghatározása ismert közettest szilárdsági adatokból

Az ép kőzet egyirányú nyomószilárdságának vizsgálata laboratóriumi körülmények között jól ismert, szabványosított eljárás, ezért ennek bemutatásától eltekintünk. A redukációs tényező, az ún. tagoltsági paraméter (Jp) a következő tényezőkből épül fel:

a kőzetblokk térfogata (Vb), melyet helyszíni méréssel határozhatunk meg;

a tagoltság állapotát leíró tényező (jC), mely három független paramétert tartalmaz: érdesség, mállottság és a méret.

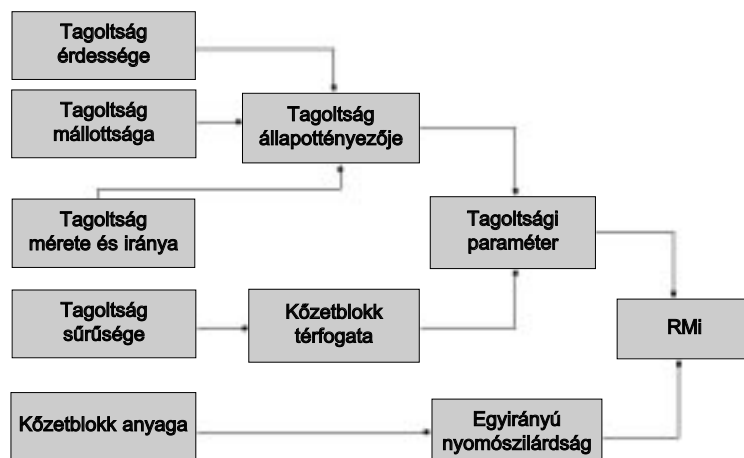
Számos helyszíni vizsgálat és nagymintákon végzett kísérlet alapján határozták meg, milyen módon van kapcsolatban a tagoltságot leíró tényező (jC) és a kőzetblokk térfogata (Vb) a tagoltsági paraméterrel (Jp).

$$J_p = 0,2 \sqrt{jC}(V_b)^D$$

ahol Vb a kőzetblokk térfogata [m³]-ben és D = 0,37 jC^{0,2}.

A tagoltság állapotát leíró tényező (jC) a következő három taggal kölcsönösen függ: a tagolófelület érdességgel (jR), mállottsággal (jA) és mérettel (jL), a következőképpen:

$$jC = jL(jR/jA)$$



1. sz. ábra: A különböző paraméterek kombinációja az Rmi érték meghatározásához

Az 1. ábra az Rmi kiszámításának elvét mutatja be szemléletesen, míg az 1. táblázat a tagoltsági érdesség (jR), a 2. táblázat a tagoltsági méret (jL), valamint a 3. táblázat a tagoltsági mállottság (jA) számértékeit adja meg Palström (1995) alapján.

Az elmélet jól használható abban az esetben is, ha fúrómag alapján meghatározott RQD tényező áll a rendelkezésünkre, de ennek méréstartományán kívül is lehetőség van vele számolni, ha az ún. térfogati tagoltságszámot határozzuk meg. A térfogati tagoltságszám (definíció szerint) megadja, hogy 1 m³-nyi közettestben hány darab tagoltság található.

Itt külön-külön kell vizsgálni azt az esetet, amikor 3 vagy több tagoltsági egység közel hasonló méretű blokkokat darabol, amikor 2-3 tagoltsági háló hosszú blokkokat metsz ki, továbbá ha csak 2 tagoltsági háló van, melyek miatt nagyon hosszú blokkokról beszélhetünk, és végül, ha csak 1 tagoltságot észlelünk (ebben az esetben lapos blokkjaink vannak).

1 dm³-nél nagyobb térfogatú blokkok esetén már jelentős eltérés van a laboratóriumban, szabványos próbatesten meghatározott nyomószilárdsági érték és a tagolatlan, ép kőzetblokk szilárdsági értéke között. Ezt felismerve külön kell foglalkozni a laboratóriumban meghatározott egyirányú nyomószilárdság és a kőzetblokk nyomószilárdsága közötti kapcsolattal, az ún. mérethatással is.

Mérethatás

A mérethatást akkor kell figyelembe venni, ha a kőzetblokk mérete jelentősen eltér a laboratóriumi vizsgálatnál használt próbatest méretétől. Az elmélet alapján Rmi értékében a Jp értéke tartalmazza a mérethatást a benne szereplő jL tényező által. Tagolatlan közettest esetén ez azt jelenti, hogy a tagoltsági paraméter (Jp) 1-gyel egyenlő, azaz az elmélet alapján ilyenkor a közettest egyirányú nyomószilárdsága megegyezik az 50 mm átmérőjű szabvány próbatest szilárdságával – ami természetesen nem igaz. Számos vizsgálatot feldolgozva, Barton (1990) az alábbi egyenletet ajánlja ebben az esetben:

$$\sigma_c = \sigma_{c0} (50/d)^{0,2} = \sigma_{c0} (0,05/Db)^{0,2} = \sigma_{c0} f,$$

ahol σ_{c0} a szabvány (50 mm átmérőjű) próbatesten végzett vizsgálat eredménye, d az átszámításkor figyelembe vett kőzetblokk mérete.

Db a kőzetblokk effektív átmérője, melyet a blokk térfogat ismeretében lehet meghatározni: $Db = (V_b)^{0,33}$. Ez az egyenlet néhány méteres nagyságú blokkokig biztonsággal használható.

3. táblázat: A tagoltság mállottságának mérőszáma (jA)

Terminológia	Leírás	jA	
A. A kőzetfelületek közötti kapcsolat			
Tiszta tagoltság			
Begyógyult vagy összeforrt tagoltságok	Lágy, áthatolhatatlan kitöltés (kvarc, epidot stb.)	0,75	
Üde kőzetfalak	Nincs burkolat vagy kitöltés a tagoltsági felületen, a szennyeződések kivéve	1	
Mállott, tagolt felület			
I. 1. foknál mállottabb	A tagolt felület egy osztállyal nagyobb mállottságot mutat, mint a kőzet	2	
II. 2. foknál mállottabb	A tagolt felület két osztállyal jobban mállott, mint a kőzet	4	
Burkolat vagy kitöltöttség			
Homok, iszap, kalcit stb.	Szemcsés anyag agyag nélkül	3	
Agyag, klorit, talk stb.	Puha és kohéziós anyagok	4	
B. Részlegesen kitöltött vagy nincs kapcsolat a felületek között			
A kitöltő anyag típusa	Leírás	Részleges fal-érintkezés*	Nincs fal-érintkezés**
Homok, iszap, kalcit stb.	Szemcsés anyaggal kitöltött (agyagmentes)	4	8
Tömörített agyagok	Kötött és lágyuló kitöltöttség	6	10
Puha agyagok	Közepestől kicsit túlkonzolidált kitöltöttség	8	12
Duzzadó agyagok	A kitöltött anyag tisztán duzzadó tulajdonságot mutat	8-12	12-20

* vékony kitöltés < 5 mm, ** vékony kitöltöttség vagy barázdáltság

Az RMI használhatósága, előnyei és hátrányai

Palström (1996) alapján elkészített 2. ábra az RMI alkalmazásának lehetőségeit mutatja be. Az RMI módszer nem lehet közvetve osztályozási módszerként használni, ugyanakkor bizonyos mértékig tartalmazza azokat, mivel néhány bemenő paraméter megegyezik a többi osztályozási módszernél használt értékkel, így azoknál többé-kevésbé közvetlenül is felhasználható. A 4. táblázat a lehetséges osztályozási módot mutatja be a kapott RMI érték ismeretében.

Az RMI előnyeit pontokba foglalva, az alábbiakban mutatjuk be:

- növeli a bemenő adatok pontosságát, továbbá segíti a kőzettest osztályozás rendszerezését is;
- könnyen használható durva közelítésekénél, amikor a tervezési területről kevés adat áll rendelkezésünkre (pl. előtervezésnél, amikor még közelítéssel kell megbecsülni a bemenő adatokat);
- jól alkalmazható a különböző helyekről nyert információk összevetésénél;
- az egymásra épülő rendszer filo-

zofiaja jól illeszkedik a mérnöki gondolkodásmóddhoz;

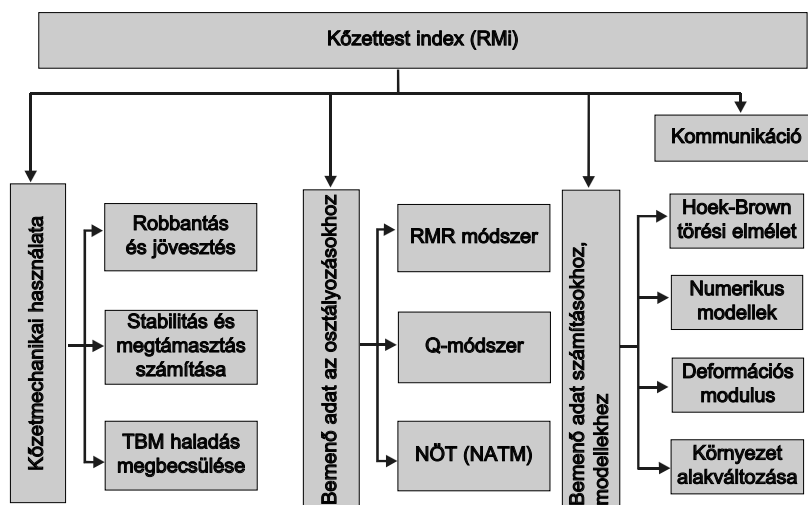
– jóval szélesebb kőzettest változatosságot lehet ezzel vizsgálni, mint a többi, hagyományos osztályozási módszernél, ebből adódóan szélesebb alkalmazási lehetősége van;

– bemenő paraméterként jól használható a többi osztályozási módszernél, valamint az új osztrák alagútépítési eljárásnál (NATM / NÖT-nél).

Az elmélet természetesen számos hátrányt illetve hiányosságot is tartalmaz. Mivel az RMI-vel a kőzettest egyirányú nyomószilárdságának meghatározására van csak lehetőség, így nem használható általános törési elméletként. Általánosság-

ban, mint minden más elméletnél, itt is meg kell jegyezni, hogy mind az ép kőzet, mind a tagoltságok hatalmas összetevőjű és szerkezeti változatossággal rendelkeznek, melynek hatására megszámlálhatatlan összetételű és tulajdonságú kőzettest jöhet létre.

Természetesen nem lehet mindezekhez a kombinációkhoz csupán egyetlen számot rendelni, továbbá itt is –től –ig határokat kell felállítani, mely reprezentálja a kőzettestet.



2. ábra: Az RMI érték fő alkalmazási lehetőségei

Osztályba sorolás	Kőzettest szilárdsága	R _{Mi} érték (MPa)
rendkívül kicsi	rendkívül gyenge	< 0,001
nagyon kicsi	nagyon gyenge	0,001 – 0,01
kicsi	gyenge	0,01 – 0,1
közepes	közepes	0,1 – 1,0
nagy	szilárd	1,0 – 10,0
nagyon nagy	nagyon szilárd	10,0 – 100
rendkívül nagy	rendkívül szilárd	> 100

Az alábbiakban a főbb hibaforrásokra hívjuk fel a figyelmet:

Az R_{Mi} pontosságát döntően befolyásolja a laboratóriumi kísérlettel meghatározott egyirányú nyomószilárdság értéke. Mivel ez az érték függ a próbatest víztartalmától, valamint igen sokszor nagy szórása van az ugyanabból a kőzetblokkból vett mintának is, így a végső értéknél is nagy különbségek adódhatnak.

A tagoltsági paramétert (J_p) természetesen kevés nagyminta kísérlettel határozták meg. Ebből adódik, hogy az elmélet pontosságára (ill. pontatlanságára) nincs kellő információnk. A mérések alapján számos hiba „kiolthatta” egymást, melyekre csak a további mérések deríthetnek fényt.

Az R_{Mi} bemenő paramétereinek változása jelentős mértékben befolyásolja a kapott eredményt, ami szubjektivitásból adódó hibát okozhat.

Természetesen az elméletet lehatárolja még a kőzettest típusa is: az egy adott tagoltsági rendszer felett már nem használható (ill. nagyon nagy hibával terhelt).

DR. VÁSÁRHELYI BALÁZS 1993-ban végzett a BME Építőmérnöki Karán. 1993-1996 között a Mérnökgeológia Tanszéken doktorandusz, majd 1999-ig tanársegéd. 2000-2004 között előbb mélyépítésnél kivitelezőként, majd geotechnikus tervezőként dolgozik. 2004 óta poszt-doktorandusz a BME Mérnökgeológia Tanszékén. Fő kutatási területe a kőzetmechanika és kőzettest osztályozások.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond, hogy részt vehetett az OTKA D 048645 számú kutatásban, valamint a Bolyai-ösztöndíjért, melyek lehetőséget adtak a cikk megírására.

Irodalom

- Barton, N.: Scale effects or sampling bias? in.: Pinto da Cunha (Ed.) Proc. Scale effect in rock masses, 1. Int. workshop, Loen, 31-55. (1990)
- Hansági I.: Gyakorlati kőzetmechanika az ércbányászatban. Műszaki kk. p. 172. (1986)
- Hansági, I.: Numerical determination of mechanical properties of rock and of rock masses. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 2: 219-223. (1965)
- Hoek, E., Wood, D., Shah, S.: A modified Hoek-Brown criterion for jointed rock masses. – In: Hudson, J.A. (Ed.), Rock Characterisation, ISRM Symp. – Eurock'92: 209-214. (1992)
- Palström, A.: R_{Mi} – a rock mass characterization system for rock engineering purposes. Univ. Oslo, Norway, p. 400. (www.rockmass.net) (1995)
- Palström, A.: Characterizing rock masses by the R_{Mi} for use in practical rock engineering – Part 1: The development of Rock Mass index (R_{Mi}). Tunneling & Underground Space Techn. 11: 175-188; Part 2: Some practical applications of the Rock Mass index (R_{Mi}). Tunneling & Underground Space Techn. 11: 287-303. (1996)
- Palström, A.: R_{Mi} – A system for characterizing rock mass strength for use in rock engineering. J. Rock Mech. Tunn. Techn. 1:69-108. (1996)

Gyászjelentés

Pfluger István bányaiipari technikus életének 84. évében, 2005. április 27-én, Sárísaapon elhunyt.

Miskolczi Ferenc 67 éves korában, 2005. május 17-én, Bokodon elhunyt.

Platthy Endre okl. gépésztechnikus 53 éves korában, 2005. szeptember 21-én, Gyöngyösön elhunyt.

Dr. Somorjai István jogász, életének 86. évében, 2005. október 11-én, Miskolcon elhunyt.

Horváth László okl. bányamérnök életének 68. évében, 2005. október 29-én, Tatabányán elhunyt.

Dr. Macher Frigyes aranyokleveles kohómérnök, az OMBKE tiszteleti tagja 82 éves korában, 2005. november 5-én, Sopronban elhunyt

Bercsényi Lajos okl. bányamérnök életének 84. évében, 2005. november 19-én, Salgótarjánban elhunyt.

Dr. Moharos Jenő okl. bányamérnök, az OMBKE korábbi főtitkára életének 79. évében, 2005. november 24-én, Budapesten elhunyt.

Gebhardt János okl. bányamérnök 79 éves korában, 2005. november 27-én, Budapesten elhunyt.

(Tagtársaink életútjáról későbbi lapszámunkban fogunk megemlékezni.)